

# Vinhaça para gerar energia

Além de fertilizante, resíduo do etanol  
poderá ser utilizado para produzir eletricidade

Evanildo da Silveira

**E**m 2014, foram gerados no Brasil cerca de 280 bilhões de litros de vinhaça, um resíduo da produção de etanol. Quase a totalidade desse volume (97%) foi usada como fertilizante e irrigação nas próprias lavouras de cana-de-açúcar. O problema é que essa prática causa impacto ambiental e desperdiça potenciais usos mais nobres do produto, como, por exemplo, a geração de energia elétrica. A transformação da vinhaça em biogás por meio de biodigestores pode vir a mudar esse panorama, como mostram dois projetos em desenvolvimento, um na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), da Universidade de São Paulo (USP), e outro no Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE) do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM).

A vinhaça é um resíduo do etanol que começou a se tornar importante depois da criação do Programa Nacional do Álcool, mais conhecido com Proálcool, em 1975. Para produzir álcool, é utilizado o caldo da cana. O que sobra é a vinhaça, material orgânico rico em potássio, cálcio e magnésio. Como o volume desse resíduo das cerca de 400 usinas existentes no país é muito grande, por razões econômicas, ele é usado de modo ex-

cessivo como fertilizante. A utilização exagerada causa danos ambientais, como contaminação do lençol freático com potássio, salinização do solo, lixiviação de metais e sulfatos, liberação de mau cheiro e emissão de gases do efeito estufa, como o óxido nitroso ( $N_2O$ ), que é cerca de 300 vezes mais poluente do que o dióxido de carbono ( $CO_2$ ).

O projeto que busca um melhor aproveitamento da vinhaça é coordenado pelo professor Marcelo Zaiat, da EESC da USP. As pesquisas começaram no início de 2011 e envolvem nove pesquisadores, da EESC, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Universidade Estadual Paulista (Unesp) e Instituto Mauá de Tecnologia (IMT), de São Caetano do Sul. “O nosso principal objetivo é desenvolver uma nova geração de biodigestores anaeróbios, mais compactos, robustos e estáveis, que tenham alta eficiência de conversão de matéria orgânica da vinhaça em biogás”, diz Zaiat. Ele explica que esse tipo de equipamento é projetado para que ocorram reações catalisadas por bactérias e arqueias. O processo anaeróbio ocorre na ausência de oxigênio por meio da fermentação autorregulada da matéria orgânica promovida por um consórcio de microrganismos que vivem nesses ambientes.





“O que queremos é transformar a matéria orgânica da vinhaça por meio de uma cultura de microrganismos em biogás”, diz Zaiat. O biogás é composto prioritariamente por metano, além do dióxido de carbono e outros gases em pequenas quantidades. Após tratamento adequado, o biogás pode ser utilizado para geração de energia elétrica ao movimentar a turbina de um gerador. Além disso, a produção de biogás minimiza o impacto ambiental do uso do resíduo como fertilizante na cultura da cana-de-açúcar, uma vez que a vinhaça biodigerida contém menos matéria orgânica.

Não há biorreatores em grande escala no Brasil, apenas um de pequeno porte da década de 1980 em uma usina na região de Ribeirão Preto, que biodigere uma pequena parte da vinhaça, produzindo biogás usado na secagem de levedura. No caso do equipamento que sua equipe está desenvolvendo, Zaiat diz que o avanço no conhecimento científico dos últimos 30 anos sobre os

fundamentos do processo anaeróbico ajudou na concepção do biorreator. “Embora o processo seja o mesmo, em essência, os reatores que são desenvolvidos hoje estão muito mais avançados tecnologicamente, tornando possível maior eficiência de conversão, com maior estabilidade de processo, em sistemas mais compactos e seguros”, diz Zaiat.

O grupo trabalha com várias configurações de biodigestores. “Há várias técnicas para isso, mas a mais usada na nossa área é a de fornecer uma superfície de um material inerte, ao qual as bactérias e arqueias aderem, formando o que chamamos de biofilme”, explica Zaiat. “Aproveitamos a capacidade natural que elas têm de aderir a superfícies e ter a vinhaça como meio de cultura.”

O biogás produzido no biorreator, com menor concentração de CO<sub>2</sub>, pode ser, por exemplo, usado para cogeração de energia nas caldeiras da usina, liberando o bagaço – hoje utilizado para ser

Estocagem de vinhaça em usina no município de Porto Ferreira, no interior paulista

queimado e gerar eletricidade – para a produção de etanol de segunda geração. O gás também pode ser usado para substituir parte do diesel nos motores dos caminhões e tratores, tornando o processo produtivo da cana mais sustentável. A vinhaça biodigerida, líquida, pode ainda ser utilizada como fertilizante, com baixo teor de matéria orgânica, mas preservando praticamente todos os nutrientes originais do resíduo. Ou ainda pode ser concentrada e utilizada como base para a formulação de um fertilizante organomineral para a cultura de cana-de-açúcar, de acordo com as necessidades da planta. Nesse caso, a água retirada do processo de concentração pode retornar à usina para vários usos. “Isso é o que chamo de integração: os resíduos são usados no próprio processo produtivo”, diz Zaiat.

#### USINA VIRTUAL

Em outro projeto, sob a coordenação do CTBE, que conta com a participação de Zaiat, se busca, por meio de modelos matemáticos, criar uma usina mais eficiente em todas as suas operações. “Nós estamos desenvolvendo os modelos matemáticos para as diversas operações de uma usina, como recepção e preparo da cana, extração do caldo, fermentação, cristalização [açúcar], destilação e desidratação [etanol], cogeração de energia e biodigestão da vinhaça”, explica o coordenador do projeto, o engenheiro químico Antonio Bonomi. “Esses modelos tornarão possível otimizar o processo, ou seja, definir as condições operacionais em que a biorrefinaria deve trabalhar para maximizar seu rendimento e retorno econômico.”

O que o grupo de Bonomi faz nesse projeto é construir uma usina virtual de primeira geração. Para isso, os modelos matemáticos de cada operação são inseridos em um *software* de simulação chamado Environment for Modeling, Simulation and Optimization (Emso). “No caso da operação de biodigestão da vinhaça, por exemplo, o modelo matemático vai indicar com que vazão é possível alimentar o biodigestor para conseguir a maior produção de biogás possível”, explica Bonomi. Um dos objetivos é também produzir um gás com maior teor de metano, com 96,5%: o biometano. Hoje o máximo que se consegue em reatores comuns é de 60%. Com isso seria possível, além de substituir o diesel nos caminhões e máquinas agrícolas, injetá-lo na rede pública de distribuição de gás natural.

Quem trabalha no modelo matemático e nas avaliações da unidade de biodigestão, sob a coordenação do professor Rogers Ribeiro, da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da Universidade de São Paulo (USP), é a pesquisadora Bruna de Souza Moraes, do CTBE. “Nosso trabalho busca avaliar a inclusão da produção de biogás em usinas a partir de seus resíduos e as possibilidades de seu uso para promover a otimização energética e a sustentabilidade ambiental no setor”, explica Bruna. “A ideia é apresentar as vantagens desses cenários com números, por meio da avaliação técnica, econômica e ambiental, de forma que a aplicação real dessa nova configuração de biorrefinaria seja estimulada.”

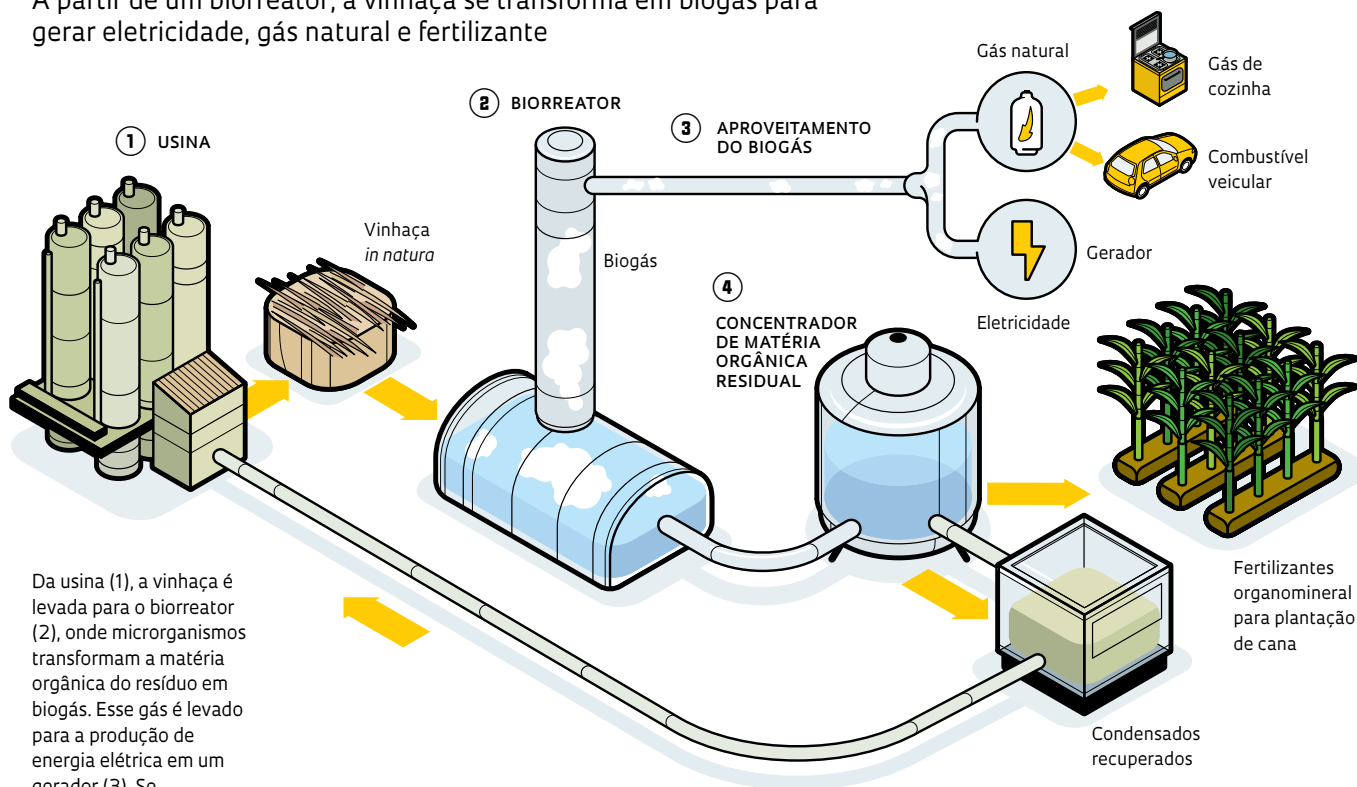
Segundo Bruna, os resultados obtidos até agora mostraram que a produção de biogás a partir da vinhaça é mais vantajosa nos casos em que ele

Lavoura de cana-de-açúcar é irrigada e fertilizada com a vinhaça, em fazenda no Paraná



# Aproveitamento total de resíduos

A partir de um biorreator, a vinhaça se transforma em biogás para gerar eletricidade, gás natural e fertilizante



Da usina (1), a vinhaça é levada para o biorreator (2), onde microrganismos transformam a matéria orgânica do resíduo em biogás. Esse gás é levado para a produção de energia elétrica em um gerador (3). Se purificado, pode ser usado como gás natural em veículos ou em cozinhas. Ainda sobram da biodigestão a matéria orgânica residual (4), possível de ser utilizada como fertilizante, e a água do processo, que pode ser levada de volta à usina para usos variados

FONTE CTBE

é convertido em biometano (gás contendo pelo menos 96,5% de metano). “Nesses cenários, sua venda para a rede pública de gás natural e o uso na substituição do diesel apresentaram os melhores indicadores econômicos e ambientais”, diz. “A mais recente avaliação revelou que é possível reduzir em até 42% as emissões de gases de efeito estufa na produção de cana-de-açúcar por meio da substituição parcial do combustível fóssil.” A taxa interna de retorno anual do investimento para esse cenário é de 25% para uma biorrefinaria com capacidade de processamento de 4 milhões de toneladas de cana por safra.

Bruna tem também números do potencial de geração de energia elétrica da vinhaça. Em uma usina que produz 50% de etanol e 50% de açúcar, com capacidade de moer 4 milhões de toneladas de cana por ano, é possível produzir anualmente cerca de 2 milhões de metros cúbicos ( $m^3$ ) do resíduo. Considerando que  $1 m^3$  de vinhaça tem potencial para gerar até  $14 m^3$  de biogás, essa biorrefinaria teria capacidade de fornecer 28 milhões de  $m^3$  desse gás por ano.

Esse valor corresponde a uma capacidade anual de 65 mil megawatts hora (MWh) de eletricidade. “Isso significa que a energia gerada com a produção de biogás a partir da vinhaça de uma usina poderia suprir a demanda de eletricidade de uma cidade de cerca de 260 mil habitantes”, diz

Bruna. “Se toda a vinhaça do Brasil fosse biodigerida, o potencial de geração de energia elétrica no país seria equivalente a 7,5% da capacidade da hidrelétrica de Itaipu.”

Para a União da Indústria de Cana-de-açúcar (Unica), representante dos produtores de açúcar e etanol, a utilização da vinhaça na irrigação é uma forma de economizar água com a fertilização. “A fertirrigação com vinhaça também possibilita economia na aplicação de fertilizantes químicos”, diz Alfred Szwarc, consultor de emissões e tecnologias da Unica. “Existem novas formas de aproveitamento da vinhaça, mas elas ainda estão em pequena escala. Também existem projetos para concentrar e transformar a vinhaça em fertilizante comercial”, diz Szwarc. ■

## Projetos

1. Produção de bioenergia no tratamento de águas residuárias e adequação ambiental dos efluentes e resíduos gerados (nº 2009/15984-0); Modalidade Projeto Temático; Pesquisador responsável Marcelo Zaiat (USP); Investimento R\$ 1.855.372,36 e US\$ 428.142,36.
2. Simulação da biorrefinaria de cana-de-açúcar de 1ª geração na plataforma Emso (nº 2011/51902-9); Modalidade Projeto Temático; Pesquisador responsável Antonio Bonomi (CTBE); Investimento R\$ 2.410.414,09 e US\$ 926.930,50.
3. Biodigestão anaeróbia de vinhaça e de licor de pentoses em biorrefinarias integradas de 1ª e 2ª geração (nº 2012/00414-7); Modalidade Bolsa de Pós-doutorado; Bolsista Bruna de Souza Moraes (CTBE); Pesquisador responsável Marcelo Zaiat (USP); Investimento R\$ 302.095,11.